

## Análisis cinemático de la carrera de aproximación en pertiguistas sin y con implemento

### Cinematic analysis of the approach run without and with the pole in pole-vault jump

García, J.A.<sup>1</sup>, Guerrero, P.<sup>2</sup>, Romero, M.<sup>2</sup>, Palao, J. M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Profesor de la Facultad Ciencias Actividad Física y del Deporte. Univ. Católica San Antonio (Murcia)

<sup>2</sup> Licenciada en Ciencias Actividad Física y del Deporte; Master Oficial en Educación Física y Salud. Entrenadora Nacional de Atletismo.

<sup>3</sup> Profesor de la Facultad Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia.

Dirección de contacto

José Manuel Palao Andrés: palaojm@gmail.com

Fecha de recepción: 25 de Mayo de 2011

Fecha de aceptación: 9 de Julio de 2012

#### RESUMEN

El rendimiento en el salto con pértiga depende de la interacción del saltador con el implemento. La energía que se acumula en la pértiga depende de la velocidad y la fuerza que el atleta genera en la carrera de aproximación, la presentación, y la batida. Un incremento de la velocidad, que el atleta sea capaz de alcanzar, en la carrera de aproximación afectará a la estructura del salto y su eficacia. El objetivo del presente estudio fue establecer pruebas y valores de referencia para la carrera de aproximación a nivel cinemático. Se empleó una muestra intencional de diez atletas federados de nivel nacional junior-promesa (7 hombres y 3 mujeres) con edades comprendidas entre los 16 y los 20 años. Todos ellos eran atletas especialistas en salto con pértiga. Se realizó un diseño cuasi-experimental. La variable independiente fue la situación de carrera (carrera máxima velocidad sin y con pértiga, carrera de talonamiento sin y con pértiga, y carrera de aproximación en cajetín realizada sin y con pértiga). Las variables dependientes fueron: la velocidad media y máxima, la frecuencia de apoyo, y la amplitud de zancada. Los resultados obtenidos muestran velocidades, frecuencias de apoyo, amplitudes superiores en las situaciones que se realizan sin pértiga y cuando la situación era más específica. Cuando los atletas tienen que presentar la pértiga y batir en cajetín las velocidades son más controladas. La propuesta de situaciones planteada puede ayudar a los entrenadores a detectar problemas de transporte y presentación en la carrera de aproximación de sus saltadores.

Palabras clave: cinemática, salto con pértiga, test, carrera de aproximación.

#### ABSTRACT

Performance in pole-vault depends on the interaction between the athlete and the pole. The energy accumulated in the pole depends on the speed and strength that the athletes create in the approach run, plant, and take-off. An increase in the speed developed by the athlete in the approach run will affect the jump structure and its efficacy. The purpose of the present study was to establish tests and reference values for the approach run. An intentional sample of 10 athletes (7 males and 3 females) was used. All were pole-vaulters. A quasi-experimental design was used. Independent variables were type of approach run (maximal speed run without and with the pole; approach run without jump without and with the pole; and approach run with jump without and with the pole). Dependent variables were: average and maximum speed, step frequency, and step length. The results show that speed, step frequency, and step length were higher in running situations without the pole and when situations were more specific. Speed was more controlled when pole-vaulters had to plant and take-off. The proposal of tests can help coaches to detect pole transport and plant problems in the approach run of their pole-vaulters.

Key words: cinematic, pole-vault, test, approach run.

#### INTRODUCCIÓN

El salto con pértiga es una de las especialidades más espectaculares del atletismo debido a la combinación de fuerza, velocidad, técnica, y acrobacia. Se trata de un concurso de salto vertical en el cual el atleta se ayuda de un implemento. En su ejecución el atleta trata de transformar la velocidad horizontal de la carrera de aproximación y la batida en la velocidad vertical necesaria para superar con éxito el listón. Es precisamente la presencia de implemento lo que caracteriza y diferencia a esta disciplina del resto de especialidades de salto (Petrov, 2003).

El rendimiento en el salto con pértiga depende de la interacción del saltador con el implemento durante todo el salto. A nivel biomecánico, los criterios de rendimiento son (Hay, 1993): energía cinética en la batida, energía de tensión durante la batida, trabajo realizado durante el ascenso, pérdidas de energía mecánica, y energía cinética en la subida.

La energía cinética en la batida depende de la velocidad horizontal adquirida por el saltador durante la carrera de aproximación. Una mejora de la velocidad horizontal incrementará la eficacia del salto. La carrera de aproximación es definida como "la capacidad del saltador para desarrollar la velocidad máxima dirigida o controlada, en una fracción de distancia indispensable" (Petrov, 2003).

Una carrera de impulso adecuada garantiza adquirir un ritmo de carrera que permita alcanzar la velocidad máxima controlada en el momento de la batida (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003). Debido a las diferencias cinemáticas y técnicas que se producen en torno al

sistema pértiga-saltador durante la carrera de impulso se diferencian tres sub-fases en ésta (Petrov, 1993; Steinacker, 1991):

- 1) Sub-fase de aceleración (inicio). El atleta realiza una aceleración inicial con el objetivo de crear la base de la carrera de impulso. Comprende los 10 primeros metros de la carrera (4-6 zancadas).
- 2) Sub-fase de carrera de impulso. Se busca la adquisición y estabilización de la velocidad (90-95% de la velocidad máxima de carrera). Su longitud varía en distancia en función del nivel y del momento de la temporada (12-25 mts).
- 3) Sub-fase de presentación y clavada. El pertiguista se prepara para realizar la batida con pértiga (dos-tres últimas zancadas). Su longitud es aproximadamente de 5-6 metros. Se debe minimizar al máximo las posibles pérdidas de velocidad en esta fase. Se caracteriza porque se produce un aumento del ritmo en las últimas zancadas previas a la batida.

La división del salto, y más concretamente de la carrera de impulso en diferentes fases, permite llevar a cabo el análisis de los elementos que conforman el modelo de salto y carrera.

Malutin (1983) indica que hay tres diferentes formas de acelerar por parte de los atletas durante la carrera de aproximación. Este autor se decanta por una aceleración progresiva como la forma más eficaz (menores pérdidas de velocidad, mayor seguridad y más estabilidad). Sin embargo, Boiko y Nikonov (1991) se decantan por seleccionar variantes técnicas de la colocación de la pértiga en la presentación que permitan a los

**Tabla 1. Relación entre la velocidad máxima y la velocidad en el último tramo de la carrera de aproximación (a partir de Petrov, 2003)**

MARCA EN 100 METROS (seg.)		VELOCIDAD EN 100 METROS (m/seg.)		VELOCIDAD ÚLTIMOS 5 METROS (m/seg.)		% PERDIDA CON TRANSPORTE	
10.20	10.50	9.80	9.52	10	9.8	1.00	2.00
10.60	10.90	9.43	9.17	9.7	9.6	2.00	4.00
11.00	11.40	9.09	8.77	9.4	9.2	3.00	4.00
11.50	12.00	8.70	8.33	9	8.8	3.00	5.00
12.10	12.50	8.26	8.00	8.4	8.3	1.00	3.00
12.60	12.90	7.94	7.75	8.1	8	2.00	3.00
13.00	13.50	7.69	7.41	7.60	7.5	-2.00	1.00

deportistas acelerar en la última parte de la carrera. En esta línea, los trabajos de Petrov (2003) proporcionan información sobre las relaciones entre aceleración y penetración en referencia al nivel de rendimiento de los atletas (Tabla 1). Estos trabajos indican un incremento del 1-5% en los últimos cinco metros.

La carrera con pértiga ocasiona una serie de alteraciones derivadas del transporte de implemento a nivel de velocidad de desplazamiento y de otros parámetros cinemáticos (Boiko y Nikonov, 1991; Frère, Chollet, y Tourny-Chollet, 2009; Frère, L'Hermette, Slawinski y Tourny-Chollet, 2010; Hay, 1988; Lease, 1989; Malutin, 1983).

Algunas de estas alteraciones son: a) apoyo ligeramente lateral al cuerpo del atleta que provoca un efecto de rotación del sistema pértiga- saltador y que se compensa en cada apoyo; b) inclinación del cuerpo hacia delante; c) aumento de la tensión en los brazos; y d) desplazamiento del centro de gravedad de la pértiga.

Estas alteraciones afectan a la velocidad de desplazamiento que el pertiguista desarrolla (Frere, Chollet, y Tourny-Chollet; 2009; Frère et al., 2010). Jagodin (citado en Steinacker, 1991) señala mejoras en la carrera de aproximación en pertiguistas soviéticos de un 5% con implemento y un 2% sin implemento al realizar de forma adecuada la presentación y la clavada de la pértiga.

Así, la realización de programas de entrenamiento con técnica de carrera con pértiga producen mejoras de 0.31 segundos de velocidad máxima con pértiga frente a las mejoras de 0.12 segundos que experimentaron los sujetos que no transportaron pértiga (Malutin, 1983).

Para evitar y/o compensar las pérdidas de rendimiento por la aparición de estas alteraciones y conseguir incrementos en los valores de velocidad horizontal (Frère et al., 2010; Lease, 1989; Steinacker, 1991) es necesario trabajar para desarrollar y mejorar los parámetros de zancada de la carrera (amplitud y frecuencia) y la técnica de carrera con pértiga.

En la revisión bibliográfica realizada no se han encontrado criterios o pruebas de valoración que permitan orientar a los entrenadores en el trabajo técnico de la carrera de aproximación. El problema en este sentido nace de la escasez de información o criterios que permitan orientar el trabajo técnico de la carrera de aproximación. Los entrenadores no disponen de valores de referencia de las distintas partes en que se divide la carrera y la información existente está normalmente referida a atletas de élite. Además, se observa la ausencia de protocolos de medición.

Atendiendo a esta necesidad, la finalidad del presente estudio fue: a) conocer las alteraciones cinemáticas de la carrera de aproximación en función del transporte o no de la pértiga y de la realización o no de presentación y batida en jóvenes saltadores; y b) aportar a los entrenadores protocolos o situaciones de valoración que les ayuden en el análisis de sus saltadores a nivel de su carrera de aproximación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sujetos

En el estudio participaron 10 sujetos, 7 hombres y 3 mujeres. Las características de la muestra fue 18 años  $\pm$  2.14 años, altura de 1.76  $\pm$  0.09 m, peso de 69.23  $\pm$  11.09 Kg., y longitud de la pértiga de 4.20  $\pm$  0.48 m.

Todos ellos eran atletas federados a nivel nacional por la Federación Murciana de Atletismo, especialistas en salto con pértiga, y que habían participado en campeonatos de España en distintas categorías.

La toma de datos se realizó en el periodo competitivo de la temporada de pista cubierta.

Todos los sujetos, entrenadores, y responsables paternos fueron informados de la naturaleza de las pruebas a realizar en los días previos al estudio.

También se informó a la federación territorial. El día de registro, los atletas cumplieron un consentimiento informado tras serles explicadas las pruebas a realizar y el objetivo de las mismas.

### Diseño y variables

Se empleó un diseño de investigación cuasi-experimental. Se estudió la relación entre la presencia o no de implemento en tres situaciones con la carrera de aproximación (carrera a máxima velocidad, carrera de aproximación sin salto o talonamiento, y carrera de aproximación con salto).

Las variables independientes objeto de estudio fueron la combinación de:

a) Presencia o no de implemento. Se realizaron todas las situaciones de carrera con presencia de implemento y sin presencia de implemento. Los pertiguistas emplearon sus propias pértigas (la utilizada para su mejor marca en competición).

b) Situación de la carrera de aproximación. Se realizaron tres situaciones de carrera: carrera a máxima velocidad, carrera de aproximación sin salto o carrera de talonamiento, y carrera de aproximación.

- *Situación 1.* Consistía en una carrera de 30 metros máxima velocidad con salida de parado, sin batida, y sin presentación.

- *Situación 2.* Consistía en una carrera de aproximación (talonamiento) de 30 metros con salida de parado, realizando presentación, y batida libre (sin cajetín).

- *Situación 3.* Consistía en la realización de un salto con carrera de aproximación y presentación en cajetín. Los pertiguistas emplearon sus propias carreras de aproximación (mejor marca de la temporada).

*Nota:* En la situación 2 y 3, se realiza la acción de presentación y batida tanto en la situación con pértiga como en la situación sin pértiga.

Para las dos primeras situaciones se crearon tres zonas de quince, diez, y cinco metros (tramos 1, 2, y 3) correspondientes con las fases de aceleración, de mantenimiento de la velocidad, y de batida (Steinacker, 1991).

En la tercera situación, la primera zona se redujo a 5 m para que coincidiera con la mayor parte de las marcas de talonamiento de los sujetos. De esta manera, los atletas ya habían iniciado sus carreras de aproximación al entrar en la zona de mantenimiento de 10 metros. La batida se produjo en el espacio comprendido entre la última zona y el cajetín.

Las variables dependientes objeto de estudio fueron:

- Velocidad media (m/s). Se registró el promedio de velocidad horizontal durante todo el tiempo de ejecución. La velocidad fue registrada mediante un sistema de células fotoeléctricas.

- Velocidad máxima (m/s). Se registró el máximo valor de velocidad de la carrera de aproximación del pertiguista. La velocidad fue registrada mediante un radar Stalker ATS Pro.

- Número de apoyos. Se registró el número de apoyos en las zonas de aceleración (zona 1) y de mantenimiento de la velocidad (zona 2) para el cálculo indirecto de la frecuencia de apoyo. Esta variable se obtuvo a partir del análisis de la filmación de video.

- Frecuencia de apoyo. Se calculó la frecuencia de apoyo (coeficiente de los apoyos realizados partiendo del tiempo).

$$F (\text{apoyos} / \text{seg}) = \frac{P}{T_v}$$

- Tiempo total de carrera y de las fases. Se calculó el tiempo empleado por los deportistas en recorrer las distintas zonas. Se registro a partir de las células foto-eléctricas, y de forma indirecta a partir del conteo del número de fotogramas del tramo de la filmación en la situación 3 de carrera.

- Amplitud de zancada. Se registró la longitud de la última zancada de cada tramo. El registro se obtuvo a partir del análisis de video con el programa Análisis de la Técnica Deportiva (ATD).

- Amplitud total. Se registró el promedio de las amplitudes de zancada de los tramos de la zona de aceleración (zona 1) y de mantenimiento de la velocidad (zona 2). Se registró de forma indirecta a partir del conteo del número de fotogramas del tramo de la filmación.

### Material

Para el presente estudio, se empleó el material que se describe a continuación:

- Sistema de radar Stalker ATS Pro. Se empleó para obtener la información sobre variables cinemáticas de velocidad y tiempo (frecuencia de muestreo 100 Hz.). El sistema estuvo compuesto por un radar ATS Pro con trípode específico, un ordenador portátil Intel Pentium III (sistema operativo Windows 98), y el software Stalker ATS versión 4.0. para Windows.

- Sistema de cuatro células fotoeléctricas (Ergo-jump System). Se empleo para obtener la información sobre variables cinemáticas del tiempo en las distintas zonas y del total de la carrera (frecuencia de muestreo 100 Hz.).

- Sistema filmación y visualización. Cámara digital Samsung VP03 de 25 Hz. ( $\pm$ 0,02 segundos entre fotogramas tras el desentrelazado de las imágenes); magnetoscopio mDV SVHS JVC; y ordenador Intel Pentium IV de doble procesador. Se empleó para la captura y recogida de la información en formato DV.

- Software Adobe Premiere versión 6.0 para Windows.

- Software Análisis de la Técnica Deportiva (ATD) versión 2.1.

- Software VirtualDub versión 1.5.10.

- Software Windows Media Player versión 10.00.00.3646.

- Software Microsoft Excel 2003.

- Software SPSS versión 13.0.

- Dos marcos de calibración con base de 5 cm. y distancia entre marcas de 50 cm.

- Cinta métrica de 30 m. con sensibilidad de centímetros.

- Anemómetro modelo Cantabrian Standard/84.

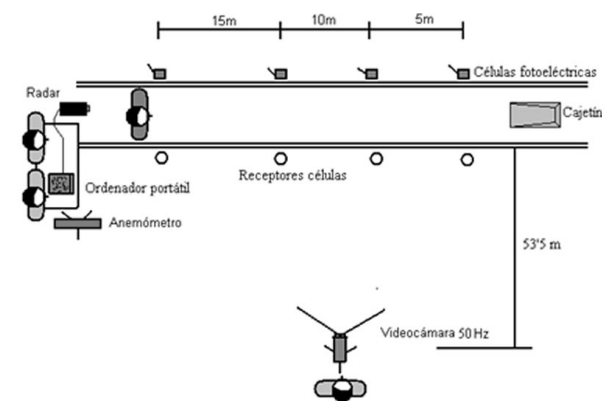
- Consentimiento informado.
- Cuestionario con información personal y deportiva. Se registró la información referida a los datos personales, del implemento (marca, dureza y altura del agarre), la carrera de aproximación (longitud), y el historial deportivo (mejores marcas en pruebas de velocidad).
- Dos hojas de registro para anotar la información obtenida de forma directa (tiempos de ejecución, velocidades, tiempos de descanso, velocidades del viento, etc.).

**Procedimiento**

Todos los sujetos realizaron el mismo calentamiento general y específico guiados por el responsable de saltos de la Federación Autonómica durante un periodo de 40 minutos. Paralelamente, se realizaron las pruebas de funcionamiento de los sistemas. Al principio y al final de las pruebas se grabaron los marcos de calibración. El sistema de radar se situó dos metros detrás de la posición de salida de los sujetos, en la misma línea de la carrera. El radar se conectó a un ordenador portátil para obtener y transferir los datos de velocidad y tiempo tomados por el radar y para obtener las curvas de velocidad.

Las cámaras de video se situaron a 53,5 m del pasillo de pértiga en dirección perpendicular a la zona central del mismo. Esta posición aseguró un enfoque y encuadre adecuado de la zona central del pasillo con un pequeño error en los extremos. Para cada intento, se contó con la información sobre velocidad del viento recogida por un anemómetro situado a dos metros en paralelo a la dirección de carrera de los sujetos.

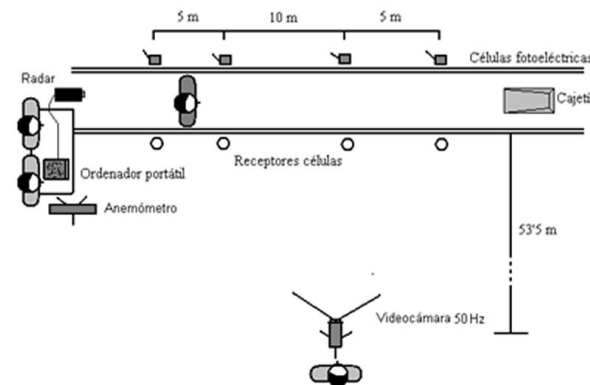
El espacio del pasillo de pértiga se dividió en tres zonas correspondientes a las fases de la carrera descritas por Steinacker (1991). En la primera fase (aceleración), las células fotoeléctricas y sus receptores delimitaron una zona de 15 metros, en la segunda fase (estabiliza-



**Gráfico 1. Disposición del sistema de registro para las situaciones de carrera a máxima velocidad y de carrera de aproximación sin salto (talonamiento).**

ción) una zona de 10 metros, y en la última fase (batida) una zona de 5 metros sobre un total de 30 metros (Gráfico 1).

Todos los sistemas se mantuvieron en la misma posición en las dos primeras situaciones, a excepción de las células fotoeléctricas. En la tercera situación (carrera de aproximación con salto), la zona de aceleración se redujo a cinco metros modificándose la posición del primer par de células fotoeléctricas (Gráfico 2).



**Gráfico 2. Disposición del sistema de registro para las situaciones de carrera de aproximación con salto.**

Todas las situaciones se realizaron en el pasillo de pértiga. Los atletas realizaron, en las tres situaciones descritas: dos intentos no consecutivos, sin implemento y con implemento, en cada situación. Durante toda la prueba se mantuvo el orden inicial de ejecución. El tiempo de recuperación entre intentos fue de 6-8 minutos.

Los valores de velocidad se obtuvieron a partir de los tiempos de las células fotoeléctricas y distancia entre ellas. La información se introdujo en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2003 para su depurado y análisis. El sistema de radar Stalker ATS midió de forma directa la velocidad y el tiempo. A partir de estos datos se generaron las correspondientes gráficas de velocidad - tiempo (V-T) para cada intento. Las irregularidades que se observaron en las correspondientes gráficas, en forma de pequeñas ondulaciones o picos de velocidad en momentos puntuales fueron debidas probablemente a los movimientos segmentarios de los sujetos u objetos externos al sujeto de estudio en un momento dado (Chelly y Denis, 2001). A partir de esta gráfica se obtuvo el valor de la velocidad máxima durante la carrera de aproximación.

Para el cálculo indirecto de las variables objeto de estudio antes de su análisis, la película fue capturada y recortada (velocidad de reproducción del 50%). La digitalización y preparación de las secuencias (desentrelazado) fue realizado con el software Adobe Premiere 6.0. El análisis del video se realizó contabilizando

el número de apoyos por tramo (zona 1 y zona 2), se midieron los parámetros de amplitud y frecuencia.

Los criterios seguidos para este registro fueron los siguientes:

- Número de apoyos (zona 1 y zona 2). Se contabilizó el número de apoyos dentro de cada tramo, desde el fotograma en el que el cuerpo corta el plano frontal de la primera célula hasta el último fotograma dentro del tramo, antes de cortar la segunda célula fotoeléctrica.
- Amplitud de zancada. Se contabilizó desde el primer fotograma en que se produce el apoyo con una pierna, hasta el último fotograma en el que el pie está en contacto con el suelo de la pierna contraria.

**Estadística**

Se realizó un análisis descriptivo a nivel de frecuencias relativas y absolutas (medias y porcentajes), y un análisis inferencial de las variables en las diferentes situaciones estudiadas (test de Wilcoxon para muestras relacionadas) con el software SPSS 13.0 para Microsoft Windows. El nivel de significación se estableció en 0.05.

**RESULTADOS**

En relación a las velocidades horizontales de desplazamiento de los pertiguistas en las diferentes situaciones con y sin pértiga (Tabla 2), se observan valores significativamente superiores de velocidad en las situaciones que se realizaron sin implemento rango (0.7-1.5 m/s). Estas diferencias no se produjeron en la tercera situación.

Así, la velocidad media y velocidad del tercer tramo fueron similares (0-0.1 m/s). También se observa una menor velocidad en las situaciones carrera de aproximación sin salto y carrera de aproximación con salto, a excepción de la velocidad en el tercer tramo, en el que se produjo un aumento de la velocidad en la última situación.

**Tabla 2. Velocidades máximas y medias totales y por tramos de los pertiguistas en las diferentes situaciones de carrera con y sin pértiga.**

SITUACIÓN	IMPLEMENTO	VELOC. MÁX.	VELOC. MEDIA	VELOC. MED. T1	VELOC. MED. T2	VELOC. MED. T3
Máx. veloc. (30m)	Sin pértiga	10.9***	8.8***	5.9***	7.7***	8.4***
	Con pértiga	10.1	7.3	5.7	7.1	7.6
Aproximación batida libre	Sin pértiga	10.1**	8.3**	5.7**	7.6**	7.1**
	Con pértiga	9.7	7.1	5.5	7.2	5.9
Aproximación batida cajetín	Sin pértiga	9.3	6.3	5.4	6.0	7.3
	Con pértiga	9.2	6.4	5.2	6.0	7.2

Leyenda: Veloc. Máx: velocidad máxima; Veloc. Media: velocidad media; Veloc. med t1: velocidad media en el tramo uno; Veloc. med t2: velocidad media en el tramo dos; Veloc. med t3: velocidad media en el tramo tres. \*\* Significación p<0.01; \*\*\* Significación p<0.001.

Con respecto a las velocidades medias y los niveles de pérdida de velocidad en relación al transporte o no de implemento (Tabla 3), se observa en todas las situaciones un descenso de la velocidad al transportar pértiga. Este descenso es mayor en las situaciones de máxima velocidad y carrera de aproximación sin salto que en la situación de carrera de aproximación con salto.

**Tabla 3. Velocidades medias y niveles de pérdida de velocidad en relación al transporte o no de la pértiga.**

	SITUACIÓN 1	SITUACIÓN 2	SITUACIÓN 3
Sin pértiga	8.8m/s	8.3m/s	6.3m/s
Con pértiga	7.3m/s	7.1m/s	6.4m/s
% diferencia	16.8%	14.5%	1.6%

Leyenda: Situación 1: carrera a máxima velocidad; Situación 2: carrera de aproximación y batida libre; Situación 3: carrera de aproximación y batida en cajetín

En función de la utilización o no de implemento (Tabla 4), se observan porcentajes superiores de pérdida en el caso del no transporte de implemento. Por situaciones, las situaciones 1-2 presentan menores valores de pérdida que las situaciones 1-3, y las situaciones 2-3. Las pérdidas de velocidad de la situación 1-3 son superiores que en la situación 2-3.

**Tabla 4. Niveles de pérdida de velocidad en relación de las situaciones de carrera realizadas por los pertiguistas.**

	SITUACIÓN 1-2	SITUACIÓN 1-3	SITUACIÓN 2-3
Sin pértiga	6.2%	28.4%	23.7%
Con pértiga	3.6%	12.6%	9.3%

Leyenda: Situación 1: carrera a máxima velocidad; Situación 2: carrera de aproximación y batida libre; Situación 3: carrera de aproximación y batida en cajetín.

A nivel de frecuencias y amplitudes de zancada de los pertiguistas en las diferentes situaciones de carrera con y sin implemento (Tabla 5), se observa que tanto las frecuencias como las amplitudes fueron mayores cuando no se transporta pértiga (p<0.05). Las excepciones se dan en el tramo 1 de la situación de carrera de aproximación sin salto, donde la frecuencia fue mayor con transporte, y en la amplitud del tramo 2 donde fue mayor en el transporte de implemento.

En la situación de carrera a máxima velocidad, la frecuencia y la amplitud del tramo 1 fueron menores que en el tramo 2 en la situación de carrera de aproximación sin salto donde la frecuencia y la amplitud fue menor en el tramo 1 que en el tramo 2.

**Tabla 5. Frecuencias y amplitudes de zancada (m) de los pertiguistas en las diferentes situaciones de carrera con y sin pértiga.**

SITUACIÓN	IMPLEMENTO	FRECUENCIA (1º TRAMO)	FRECUENCIA (2º TRAMO)	AMPLITUD (1º TRAMO)	AMPLITUD (2º TRAMO)	AMPLITUD TOTAL
Máx. veloc. (30m)	Sin pértiga	4.1***	4.3***	1.91*	2.00*	1.95*
	Con pértiga	3.7	4.3	1.87	1.93	1.90
Aproximación batida libre	Sin pértiga	3.7*	4.1*	1.89*	1.96*	1.93*
	Con pértiga	3.8	3.4	1.87	1.99	1.93
Aproximación batida cajetín	Sin pértiga	-	-	-	-	-
	Con pértiga	-	-	-	-	-

Leyenda: Máx.Veloc.: máxima velocidad. \* Significación  $p < 0.05$ ; \*\*\* Significación  $p < 0.001$ .

Nota: La frecuencia del tramo 3 y de la situación 3 no pudo ser calculada por problemas en la filmación de la prueba de campo.

## DISCUSIÓN

A nivel de velocidades máximas, medias totales y por tramos, los valores son mayores cuando no se transporta implemento y cuando la situación es más específica. Estas diferencias son debidas a los métodos de transporte de la pértiga y corroboran lo expuesto a nivel de las alteraciones en la carrera de aproximación y el papel que juegan en la pérdida de velocidad (Boiko y Nikonov, 1991; Frere, Chollet, y Tourny-Chollet, 2009; Frère et al., 2010; Hay, 1988; Lease, 1989; Malutin, 1983).

Contrariamente a lo indicado por Jagodin (citado por Steinacker, 1991) los resultados encontrados muestran que la acción de presentación no mejora la velocidad de aproximación en los atletas estudiados.

Con respecto a los valores absolutos que se alcanzan en cada situación, es posible comparar los resultados con las tablas de datos de Petrov (2003) y situar a los sujetos objeto de estudio en un rango de rendimiento.

En base a lo descrito por este autor, los valores de entre 7,2-7,3 m/s alcanzados en el último tramo de la situación tres, sitúan a los deportistas en rangos de rendimiento de por encima de los 13 segundos en 100 m.l. Sin embargo, teniendo en cuenta que el promedio de rendimiento en 100 m.l de los sujetos es de 12,3 segundos, los resultados encontrados parecen indicar que la técnica de carrera con pértiga, y su presentación no se realiza de forma adecuada en los atletas estudiados. Esta información vuelve a confirmar que se producen pérdidas importantes de velocidad en el último tramo como consecuencia de la técnica de transporte de implemento.

Con respecto a las velocidades medias, comparando los datos extraídos de esta variable registrada por el radar con la información proveniente de las células fotoeléctricas para el tramo dos, se observa que la estabilización de la velocidad se produce en la segunda fase de carrera. Este comportamiento de la velocidad durante la carrera es definida por Steinacker (1991)

y Petrov (2003) en la estructuración que realizan de las fases de la carrera de aproximación. Sin embargo, no se alcanzan los valores del 90-95% respecto a la velocidad máxima. Esto puede deberse a la utilización de distintos sistemas de medición para calcular la velocidad máxima (radar) y la velocidad media (células fotoeléctricas) (el

porcentaje se eleva si se comparan con las velocidades medias recogidas por las células para el tramo 3).

En relación a los niveles de pérdida de velocidad, se observa una situación que no se ajusta con los resultados esperados (3ª tercera situación). Una posible explicación de estos resultados es que esta sea la situación más real con respecto a la situación de competición. Se hacen necesario futuros estudios para confirmar esta hipótesis. La realización de valoraciones del deportista en condiciones reales implica considerar la implicación que tiene cada situación de los atletas y como estos responde ante dichas situaciones.

Con respecto a la relación de pérdidas de velocidad entre situaciones, las mayores diferencias se producen con respecto a la situación número tres. Se observa que el porcentaje de pérdida en la situación tres es menor que en el resto de situaciones. Estos resultados parecen una consecuencia directa de un mayor control de la velocidad por la necesidad de presentar en cajetín y batir.

A nivel de los parámetros de amplitud y frecuencia, los resultados muestran evoluciones que se corresponden con los aumentos progresivos establecidos para las partes constituyentes de la carrera de aproximación. Así, ambos parámetros aumentan del tramo uno de aceleración al segundo tramo de estabilización. Los descensos en los parámetros de amplitud y frecuencia de la primera a la segunda situación se ajustan a los descensos que se dan en los valores de velocidad media de una situación a otra. Es lógico pensar que este tipo de resultados se dan en base a las pérdidas que se han generado por problemas en el transporte de la pértiga en los parámetros de velocidad, ya que se han venido dando pérdidas de velocidad conforme ha aumentado la especificidad de la situación. Por ello y para compensar estas pérdidas es necesario incidir sobre los parámetros de amplitud y frecuencia para aumentar los niveles de velocidad en las situaciones específicas de carrera de aproximación (Frère et al., 2010; Lease, 1989; Steinacker, 1991).

## CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

A partir de los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones aplicables a los sujetos objeto de estudio:

- Cuando los atletas tienen que presentar la pértiga y batir en cajetín se observa un control en las velocidades máximas, media y medias por tramo.
- Tanto los valores de velocidad como los de amplitud y frecuencia disminuyen a nivel general conforme mayor es la especificidad de las situaciones en pertiguistas jóvenes.
- Las velocidades y parámetros cinemáticos disminuyen en el paso de la situación de carrera a máxima velocidad a la carrera de aproximación con salto por problemas en el método del transporte de la pértiga durante la carrera de aproximación.

Tras este estudio se obtiene una propuesta para testear la carrera de aproximación de los pertiguistas y comprobar cuales son las pérdidas que se producen en las diferentes partes de su carrera de aproximación. Esta puede servir para proporcionar información a los

entrenadores sobre las causas de esas pérdidas, para posteriormente realizar una aplicación práctica.

Por ejemplo, el test indica una pérdida de velocidad para un sujeto en los últimos cinco metros. Esta pérdida se puede deber a problemas en la presentación por errores de formación (el atleta no tenga claro el modelo técnico), problemas de propiocepción técnica (que el atleta tenga claro cual es el gesto técnico pero realmente no sepa que es lo que está haciendo) o problemas de ejecución (que pueden ser solventados proporcionando un feedback adecuado al sujeto).

Llegados a este punto es el entrenador el que debe disponer de los medios a su alcance para la posible mejora. Después de este estudio se deja abierta una futura línea de investigación, en la que se realicen trabajos con una muestra mayor y con sujetos de la élite para tener unos valores de referencia. Dichos valores deberían estar referidos a las velocidades óptimas en cada una de las fases para así compararlas con atletas jóvenes y poder determinar si las velocidades son las adecuadas o se deberían hacer adaptaciones en el entrenamiento.

## REFERENCIAS

- Boiko, V., Nikonov, J. (1991). Algo Nuevo en el salto con garrocha. *Stadium*, 149, 33-35.
- Bravo, J., Ruf, H., Vélez, M. (2003). *Atletismo 2, saltos verticales*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Chelly, M., Denis, C. (2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Medicine and science in sports exercise*, 33(2), 326-333.
- Frère, J., L'Hermette, M., Slawinski, J. & Tourny-Chollet, C. (2010). Mechanics of pole vaulting: a review. *Sports Biomechanics*, 9 (2), 123-138.
- Frère, J., Chollet, D. & Tourny-Chollet, C. (2009). Assessment of the influence of pole carriage on sprint kinematics: A case study of novice athletes. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 3, 3-10.
- Hay, J.G. (1988). The approach run in the pole vault. *Track Technique*, 106, 3376-3378.
- Hay, J.G. (1993). *The biomechanics of sports techniques*. Boston: Prentice Hall.
- Lease, D. (1989). Speed training- an aid to jumping and vaulting. *British Journal*, 104, 3569-3573.
- Malutin, A. (1983). La carrera de aproximación. *Stadium*, 102, 31-32.
- Petrov, V. (2003). *Evolución del salto con pértiga*. Ponencia presentada en las jornadas técnicas E.N.E, Cáceres, España.
- Steinacker, U. (1991). The run-up speed in the pole vault. *Modern athlete and coach*, 29 (2) 14-16.